

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

10/5051733
Rec'd PCT/PTO 31 AUG 2004

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
12. September 2003 (12.09.2003)

PCT

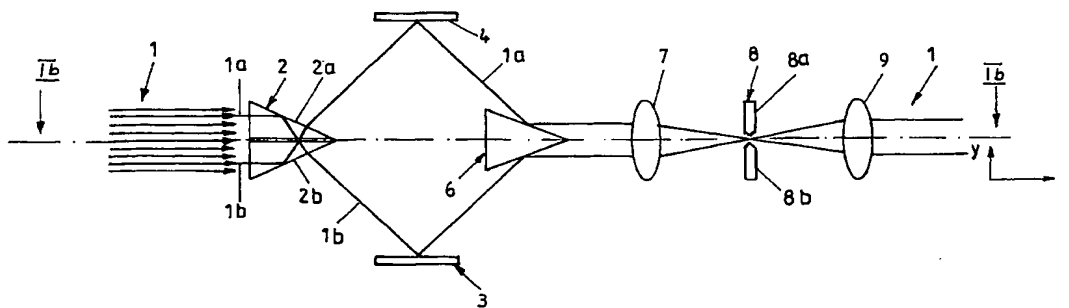
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 03/075074 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: G02B 26/02, (72) Erfinder; und
G02F 1/21 (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): MIKHAILOV, Alek-
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP03/01606 sei [RU/DE]; Am Spörkel 67, 44227 Dortmund (DE). LIS-
(22) Internationales Anmeldedatum: SOTSCHENKO, Vitalij [DE/DE]; Fasanenweg 9, 58730
18. Februar 2003 (18.02.2003) Fröndenberg (DE).
(25) Einreichungssprache: Deutsch (74) Anwälte: BASFELD, Rainer usw.; Ostentor 9, 59757
Arnsberg (DE).
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch (81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT,
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,
(30) Angaben zur Priorität: CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE,
102 08 809.8 1. März 2002 (01.03.2002) DE GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR,
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK,
von US): HENTZE-LISSOTSCHENKO PATENTVER- MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU,
WALTUNGS GMBH & CO. KG [DE/DE]; Diekstraat SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
15, 25870 Norderfriedrichskoog (DE). UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: MODULATION DEVICE

(54) Bezeichnung: MODULATIONSVORRICHTUNG



(57) Abstract: The invention relates to a modulation device for laser radiation, comprising at least one modulation means (3) that can at least partially alter the laser radiation (1) passing through the modulation device. The modulation device comprises beam splitting means (2), which can split the laser radiation (1) into at least two partial beams. The device also comprises beam combining means (6), which are located behind the beam splitting means (2) in the direction of beam propagation and which can re-combine at least two of the partial beams. The at least one modulation means (3) is arranged between the beam splitting means (2) and the beam combining means (6) in order to enable at least one of the partial beams to be modified by the at least one modulation means (3) in such a manner that the laser radiation (1) combined by the beam combining means (6) has, at least in one predetermined spatial area, the desired modulation resulting from the inference of the at least two partial beams.

(57) Zusammenfassung: Modulationsvorrichtung für Laserstrahlung, umfassend mindestens ein Modulationsmittel (3), das zumindest teilweise die durch die Modulationsvorrichtung hindurchtretende Laserstrahlung (1) verändern kann, wobei die Modulationsvorrichtung Strahlteilmittel (2) umfasst, die die Laserstrahlung (1) in mindestens zwei Teilstrahlbündel aufteilen können, wobei die Vorrichtung weiterhin in Strahlausbreitungsrichtung hinter den Strahlteilmitteln (2) Strahlvereinigsmittel (6) umfasst, die mindestens zwei der Teilstrahlbündel wieder zusammenführen können, und wobei das mindestens eine Modulationsmittel (3) derart zwischen den Strahlteilmitteln (2) und den Strahlvereinigsmitteln (6) angeordnet ist, dass zumindest eines der Teilstrahlbündel derart von dem mindestens einen Modulationsmittel (3) verändert werden kann, dass die von dem Strahlvereinigsmittel (6) zusammengeführte Laserstrahlung (1) zumindest in einem vorgegebenen Raumgebiet aufgrund von Interferenz der mindestens zwei Teilstrahlbündel die gewünschte Modulation aufweist.

WO 03/075074 A1



(84) **Bestimmungsstaaten (regional):** ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Modulationsvorrichtung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Modulationsvorrichtung für Laserstrahlung, umfassend mindestens ein Modulationsmittel, das zumindest teilweise die durch die Modulationsvorrichtung hindurchtretende Laserstrahlung verändern kann.

Modulationsvorrichtungen der vorgenannten Art sind hinlänglich bekannt. Sie können in unterschiedlichen Anwendungsgebieten eingesetzt werden. Hier sollen beispielsweise Laserdrucker, Laserfernsehen oder auch Werkstückbearbeitung durch Laserstrahlung genannt werden.

Ein typisches, im Stand der Technik eingesetztes Modulationsmittel ist ein sogenannter GLV-Modulator. Ein derartiger GLV-Modulator wird in Reflektion betrieben. Er weist auf seiner reflektierenden Oberfläche eine ganze Anzahl von parallel nebeneinander angeordneten stegförmigen Segmenten auf, die die Laserstrahlung reflektieren können. Jedes dieser Segmente kann gezielt gekippt werden. Die Modulation findet dabei in der Regel dadurch statt, dass zwei zueinander direkt benachbarte Segmente unterschiedlich gekippt werden bzw. eines der Segmente gekippt wird und das andere in seiner ursprünglichen Position belassen werden, so dass durch diese unterschiedliche Verkipfung der beiden benachbarten Segmente zwischen den beiden benachbarten auf diese Segmente auftreffenden Teilstrahlen eine kleine Phasendifferenz entsteht. Diese Phasendifferenz führt durch direkte Interferenz im Bereich des Modulators dazu, dass die Ausbreitungscharakteristik des von dem Modulator reflektierten Lichtes gezielt verändert werden kann.

Als nachteilig hierbei erweist sich die Tatsache, dass hierzu hochgradig kohärentes Licht vorliegen muss. Dies ist insbesondere

bei Laserdiodenbarren aufgrund der Ausdehnung der einzelnen Emissionsquellen eines derartigen Laserdiodenbarrens in der Anordnungsrichtung der Emissionsquellen (in der Slow-Axis) in der Regel nicht gegeben. Als weiterhin nachteilig erweist sich hierbei auch, dass durch die vorgenannte Eigenart des von einem Laserdiodenbarren ausgehenden Lichtes zumeist mehr als zwei zueinander benachbarte, insbesondere vier oder sechs benachbarte Segmente ausgeleuchtet werden, so dass die Auflösung eines derartigen Modulationsmittels ausgesprochen schlecht ist. Weiterhin lässt sich zwischen den einzelnen Zuständen bei jeweils zueinander verkippten benachbarten Segmenten und nicht zueinander verkippten benachbarten Segmenten eines entsprechenden Teilbereichs des GLV-Modulators nur unzureichend gut unterscheiden, wenn als Laserquelle ein Laserdiodenbarren oder ein Stack von Laserdiodenbarren verwendet wird.

Das der vorliegenden Erfindung zugrunde liegende Problem ist die Schaffung einer Modulationsvorrichtung der eingangs genannten Art, die effektiver gestaltet ist, insbesondere bei Verwendung eines Laserdiodenbarrens oder eines Laserdiodenstacks als Laserlichtquelle.

Dies wird erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 erzielt.

Gemäß Anspruch 1 ist vorgesehen, dass die Modulationsvorrichtung Strahlteilmittel umfasst, die die Laserstrahlung in mindestens zwei Teilstrahlbündel aufteilen können, dass die Vorrichtung weiterhin in Strahlausbreitungsrichtung hinter den Strahlteilmitteln Strahlvereinigungsmittel umfasst, die mindestens zwei der Teilstrahlbündel wieder zusammenführen können, und dass das mindestens eine Modulationsmittel derart zwischen den

Strahlteilmitteln und den Strahlvereinigungsmitteln angeordnet ist, dass zumindest eines der Teilstrahlbündel derart von dem mindestens einen Modulationsmittel verändert werden kann, dass die von dem Strahlvereinigungsmittel oder im Bereich des Strahlvereinigungsmittels zusammengeführte Laserstrahlung zumindest in einem vorgegebenen Raumgebiet aufgrund von Interferenz der mindestens zwei Teilstrahlbündel die gewünschte Modulation aufweist. Als vorteilhaft bei einer derartigen Vorrichtung erweist sich, dass durch die Aufspaltung in zwei einander entsprechende Teilstrahlbündel die Güte und die Auflösung der Modulation unabhängig von der Kohärenz der verwendeten Laserstrahlung ist.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist die Laserstrahlung zumindest abschnittsweise in einer ersten, zur mittleren Ausbreitungsrichtung senkrechten Richtung eine größere Divergenz auf, als in einer zweiten, zur mittleren Ausbreitungsrichtung und zur ersten Richtung senkrechten Richtung, wobei die Auftrennung in Teilstrahlbündel in der ersten Richtung erfolgt. Insbesondere bei der Verwendung eines Laserdiodenbarrens entspricht die erste Richtung größerer Divergenz der Fast-Axis, wohingegen die zweite Richtung kleinerer Divergenz des Slow-Axis entspricht. Wenn somit erfindungsgemäß die Auftrennung in der ersten Richtung, und damit in Richtung der Fast-Axis erfolgt, wird die Veränderung des entsprechenden Teilstrahlbündels ebenfalls in Richtung der Fast-Axis erfolgen, so dass hierbei zusätzlich noch die größere Kohärenz der Laserstrahlung in Fast-Axis-Richtung ausgenutzt wird.

Es kann vorgesehen sein, dass die Strahlteilmittel als Prisma, insbesondere als zumindest teilweise verspiegeltes Prisma

ausgebildet sind. Alternativ dazu könnten die Strahlteilmittel auch als teildurchlässiger Spiegel ausgebildet sein.

Weiterhin kann vorgesehen sein, dass die Strahlvereinigungsmittel als Prisma, insbesondere als zumindest teilweise verspiegeltes Prisma ausgebildet sind. Alternativ dazu könnten auch die Strahlvereinigungsmittel als teildurchlässiger Spiegel ausgebildet sein.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann das mindestens eine Modulationsmittel derart das mindestens eine Teilstrahlbündel verändern, dass dieses gezielte Phasenverschiebungen einzelner oder aller Teilstrahlen erfährt, insbesondere um die Hälfte einer Wellenlänge der Laserstrahlung. Hier zeigt sich ein deutlicher Unterschied zu dem Stand der Technik, bei dem innerhalb eines Teilstrahlbündels benachbarten Teilstrahlen eine Phasenverschiebung zueinander mitgeteilt wurde. Gemäß der vorliegenden Erfindung werden nicht benachbarte Teilstrahlen des gleichen Teilstrahlbündels mit einer Phasenverschiebung zueinander versehen, sondern es wird insbesondere nur in einem der beiden Teilstrahlbündel von einem Modulationsmittel eine Phasenverschiebung bewirkt, so dass erst nach Vereinigung der beiden Teilstrahlbündel, am Strahlvereinigungsmittel oder im Bereich des Strahlvereinigungsmittels oder hinter dem Strahlvereinigungsmittel durch Interferenz eine Modulation hervorgerufen wird. Auf diese Weise tragen für den Fall, dass die Modulationsmittel als in Reflektion zu betreibender Modulator insbesondere als GLV-Modulator ausgebildet sind, nicht mehr zwei oder vier oder sechs zueinander benachbarte Segmente des Modulators zu einem Modulationspunkt oder zu einem Modulationsbit bei, sondern in einem bevorzugten Fall nur noch ein einzelnes

Element. Auf diese Weise kann natürlich die Auflösung, mit der die Laserstrahlung moduliert werden kann, erheblich gesteigert werden.

Es ist alternativ denkbar, dass die Modulationsmittel als in Transmission zu betreibender Modulator ausgebildet sind.

Zudem besteht die Möglichkeit, dass die Modulationsmittel als zweidimensionaler Modulator ausgeführt sind, mit dem eine auf ihn auftreffende Laserstrahlung hinsichtlich zweier im wesentlichen zueinander senkrechter Richtungen moduliert werden kann. Auf diese Weise kann der Laserstrahlung eine flächige Information aufmoduliert werden, die beispielsweise Bereichsweise eine zeilenweise Rasterung beim Druckvorgang oder dergleichen überflüssig machen kann.

Es ist denkbar, dass eine erfindungsgemäße Modulationsvorrichtung sogar einen dreidimensionalen Modulator verwenden kann, mit dem eine auf ihn auftreffende Laserstrahlung hinsichtlich dreier im wesentlichen zueinander senkrechter Richtungen moduliert werden kann.

Eine erfindungsgemäße Modulationsvorrichtung aus Strahlteilmittel, Modulationsmittel und Strahlvereinigungsmittel kann als Interferometer angesehen werden. Für eine erfindungsgemäße Modulationsvorrichtung eignen sich somit hinsichtlich der Anordnung der vorgenannten Elemente zueinander sämtliche bekannten Interferometertypen, wie beispielsweise ein Michelson-Interferometer.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist in Strahlausbreitungsrichtung hinter den Strahlvereinigungsmitteln eine Blende angeordnet, die Teile der Laserstrahlung entsprechend der zu erzielenden Modulation ausblenden kann. Hierbei kann vorgesehen sein, dass in

Strahlausbreitungsrichtung vor und/oder hinter der Blende Linsenmittel, insbesondere Zylinderlinsen angeordnet sind, die die Laserstrahlung auf die Blende abbilden bzw. fokussieren und/oder im Anschluss an die Blende die fokussierte Laserstrahlung wieder kollimieren können. Aufgrund der Tatsache, dass durch die von den Modulationsmitteln im Bereich der Strahlvereinigungsmittel oder hinter den Strahlvereinigungsmitteln bewirkten Interferenz eine Ausbreitung der wieder vereinigten Laserstrahlung in bestimmte Richtungen ermöglicht und in bestimmte Richtungen verboten wird, eignet sich eine Blende sehr gut, um bestimmte gewünschte Teile der Laserstrahlung auszublenden, die beispielsweise bei Aufmodulation einer digitalen Information einer logischen „0“ entsprechen. Gleichermaßen wird dabei der Anteil der Laserstrahlung, der durch die Blende hindurchgelassen wird, einer logischen „1“ entsprechen.

Erfindungsgemäß kann vorgesehen sein, dass die Laserstrahlung in Teilstrahlbündel aufgeteilt wird, dass daran anschließend mindestens eines der Teilstrahlbündel entsprechend der zu erzielenden Modulation phasenverschoben wird und dass daran anschließend die Teilstrahlbündel derart zusammengeführt werden, dass die gewünschte Modulation durch Interferenz der beiden Teilstrahlbündel erreicht wird. Durch dieses Verfahren wird dem Fachmann eine Methode an die Hand gegeben, mit der er mit einfachen Mitteln eine sehr effektive Modulation hoher Auflösung erreichen kann. Insbesondere kann dies durch das vorgenannte Ausblenden von Teilen der zusammengeführten Laserstrahlung geschehen, die beispielsweise einer logischen „0“ entsprechen. Weiterhin wird für den Fall, dass die Laserstrahlung eines Laserdiodenbarrens in Richtung der Fast-Axis in zwei Teilstrahlbündel aufgeteilt wird, aufgrund der Einbringung der Phasenverschiebung in Fast-Axis Richtung die Güte der Modulation gegenüber den aus dem Stand der Technik bekannten Modulationsverfahren bedeutend erhöht.

Eine erfindungsgemäße Modulationsvorrichtung kann insbesondere für Druckanwendungen eingesetzt werden.

Weitere Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden deutlich anhand der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die beiliegenden Abbildungen. Darin zeigen

- Fig. 1a eine Seitenansicht einer erfindungsgemäßen Modulationsvorrichtung;
- Fig. 1b eine Ansicht gemäß den Pfeilen 1b – 1b in Fig. 1a;
- Fig. 2a eine Detailansicht der Modulationsvorrichtung gemäß Fig. 1a in einem ersten Zustand;
- Fig. 2b eine Ansicht gemäß Fig. 2a in einem zweiten Zustand;
- Fig. 3a ein schematisches Diagramm, das den Zusammenhang zwischen Intensität und Ausbreitungswinkel des Zustands in Fig. 2a verdeutlicht;
- Fig. 3b ein Fig. 3a entsprechendes Diagramm, das den Zustand in Fig. 2b verdeutlicht.

Eine auf die erfindungsgemäße Modulationsvorrichtung auftreffende Laserstrahlung 1 kann von einer Laserlichtquelle ausgehen, die beispielsweise als Laserdiodenbarren ausgeführt ist. Die Laserlichtquelle weist somit in einer Richtung, in Fig. 1a und Fig. 1b in X-Richtung, einen vergleichsweise ausgedehnten Querschnitt mit vielen nebeneinander angeordneten sich in X-Richtung erstreckenden linienförmigen Emissionsquellen auf. Weiterhin weist die als Laserdiodenbarren ausgeführte Laserlichtquelle in der dazu senkrechten Richtung, nämlich in Y-Richtung eine sehr geringe Ausdehnung von beispielsweise 1 μm auf. In dieser Y-Richtung, die

als Fast-Axis bezeichnet wird, ist die Divergenz wesentlich größer als in der als Slow-Axis bezeichneten X-Richtung.

Eine erfindungsgemäße Modulationsvorrichtung ist aus Fig. 1a und Fig. 1b ersichtlich. Die Modulationsvorrichtung umfasst Strahlteilmittel 2, die auf sie auftreffende Laserstrahlung 1 in zwei Teilstrahlbündel aufteilen kann. In Fig. 1a ist diese Aufteilung vermittels zweier willkürlich herausgegriffener Teilstrahlen 1a und 1b verdeutlicht. Die Strahlteilmittel 2 bestehen in dem abgebildeten Ausführungsbeispiel aus zwei Prismen 2a, 2b, die einander gleichen und mit zwei entsprechenden Kathetenseiten aufeinander liegen und beispielsweise miteinander verklebt sind. Aus Fig. 1a ist ersichtlich, dass die beiden Teilstrahlen 1a, 1b in zwei voneinander getrennte Hälften der Strahlteilmittel 2, nämlich in die beiden unterschiedlichen Prismen 2a, 2b eintreten. Nach einer Reflektion an den jeweiligen Hypotenusen Seiten werden sie ein zweites mal an den aneinander geklebten Kathetenseiten reflektiert. Diese können hierzu beispielsweise verspiegelt sein. Daran anschließend treten sie aus den Hypotenusen Seiten der Prismen 2a, 2b aus, so dass sie etwa unter einem Winkel von 45° zur ursprünglichen Ausbreitungsrichtung Z nach oben bzw. nach unten abgelenkt werden. Auf diese Weise wird die Laserstrahlung in zwei sich von dem Strahlteilmittel 2 in Fig. 1a nach oben und nach unten voneinander entfernende Teilstrahlbündel aufgeteilt.

Das sich in Fig. 1a nach oben bewegende Teilstrahlbündel wird an einem Spiegel 4 so reflektiert, dass es unter einem Winkel von -45° zur Z-Richtung nach unten reflektiert wird. Dies wird durch den beispielhaft herausgegriffenen Teilstrahl 1a verdeutlicht. Das nach unten abgelenkte Teilstrahlbündel wird, wie dies an dem beispielhaften Teilstrahl 1b verdeutlicht ist, von einem Modulationsmittel 3 ebenfalls unter einem Winkel von etwa 45° zur Z-

Richtung nach oben reflektiert. Das Modulationsmittel 3 kann beispielsweise als GLV-Modulator ausgeführt sein. Insbesondere kann das Modulationsmittel 3 in Querrichtung, d. h. in X-Richtung in Fig. 1b nebeneinander angeordnete Segmente 5, insbesondere stegförmige Segmente 5 aufweisen. Die stegförmigen Segmente 5 können das auf sie auftreffende Licht reflektieren, wie dies beispielhaft für den Teilstrahl 1b dargestellt ist. Insbesondere besteht die Möglichkeit, dass der Neigungswinkel der einzelnen stegförmigen Segmente 5 derart geändert wird, dass der optische Weg beispielsweise des Teilstrahls 1b um ein kurzes Stück, das insbesondere dem Betrag der halben Wellenlänge der Laserstrahlung entsprechen kann, vergrößert oder verkleinert wird. Die einzelnen Segmente 5, sollen sich in Fig. 1b über die gesamte Breite in X-Richtung erstrecken. Somit kann gezielt an einem bestimmten Punkt in X-Richtung das entsprechende Segment 5 verkippt oder nicht verkippt werden. Auf diese Weise können die auf das Modulationsmittel 3 auftreffenden Teilstrahlbündel der Laserstrahlung 1 gezielt für verschiedene X-Koordinaten mit einer Phasendifferenz der halben Wellenlänge versehen werden oder nicht versehen werden.

Die Modulationsvorrichtung umfasst weiterhin ein Strahlvereinigungsmittel 6, dass die von dem Modulationsmittel 3 und dem Spiegel 4 reflektierten Teilstrahlbündel zusammenführt, so dass die wieder zusammengeführte Laserstrahlung 1 in positiver Z-Richtung in Fig. 1a und Fig. 1b propagiert. Dieses Strahlvereinigungsmittel 6 ist beispielhaft als Prisma ausgeführt, an dessen äußeren gegebenenfalls verspiegelten Seiten die Teilstrahlbündel derart reflektiert werden, dass sie sich nach der Reflektion in positiver Z-Richtung bewegen. Die auf diese Weise wieder miteinander vereinigten Teilstrahlbündel weisen unter Umständen entsprechend der Stellungen der einzelnen Segmente 5

des Modulationsmittels 3 lokale Phasendifferenzen von beispielsweise der halben Wellenlänge der verwendeten Laserstrahlung auf.

Anschließend an das Strahlvereinigungsmittel 6 sind in Z-Richtung hintereinander eine Zylinderlinse 7, deren Zylinderachse sich in X-Richtung erstreckt, eine Blende 8 und eine weitere Zylinderlinse 9, deren Zylinderachse sich ebenfalls in X-Richtung erstreckt angeordnet. Hierbei ist, wie dies aus Fig. 1a ersichtlich ist, die Blende 8 in einem Abstand von der Zylinderlinse 7 bzw. von der Zylinderlinse 9 angeordnet, der ziemlich exakt der Brennweite dieser Zylinderlinsen 7, 9 entspricht, wobei die Brennweiten der Zylinderlinse 7 und Zylinderlinse 9 gleich groß sind. Da auf diese Weise die beiden Zylinderlinsen 7, 9 in einem Abstand zueinander angeordnet sind, der der doppelten Brennweite entspricht, wird die vor dem Eintritt in die Zylinderlinse 7 zur Z-Richtung parallele Laserstrahlung 1 nach dem Austritt aus der Zylinderlinse 9 wiederum zur Z-Richtung parallel sein. Die Blende 8 besteht aus zwei Blendenteilen 8a, 8b, die in Y-Richtung übereinander angeordnet sind, wobei sich der zwischen ihnen bestehende Spalt in X-Richtung erstreckt. Der zwischen den Blendenteilen 8a, 8b vorhandene Spalt ist im wesentlichen exakt auf der Fokuslinie der beiden Zylinderlinsen 7, 9 angeordnet.

In Fig. 2a, 2b sind zwei verschiedene Fälle dargestellt. In dem ersten Fall wird angenommen, dass für die abgebildeten Teile der Laserstrahlung 1 die entsprechenden Segmente 5 des Modulationsmittels 3 derart gekippt waren, dass die von dem Modulationsmittel 3 reflektierten Teile der Laserstrahlung 1 zu den entsprechenden von dem Spiegel 4 reflektierten Teile der Laserstrahlung 1 eine Phasendifferenz von $\lambda/2$, d. h. von der halben Wellenlänge der verwendeten Laserstrahlung aufweisen. Diese Teile der Laserstrahlung werden somit nach der Wiedervereinigung in dem Strahlvereinigungsmittel 6 aufgrund von Interferenz nicht exakt

in Z-Richtung propagieren können. Dies ist in Fig. 3a angedeutet, in der die Intensität I in willkürlichen Einheiten gegen den Winkel θ aufgetragen, wobei der Winkel θ den Winkel zwischen der Z-Achse und der Ausbreitungsrichtung der Laserstrahlung 1 angibt. Fig. 3a, die lediglich eine schematische Darstellung zeigt, verdeutlicht, dass in direkter Z-Richtung keine Ausbreitung der auf diese Weise miteinander interferierenden Teile der Laserstrahlung stattfindet. Dies ist in Fig. 2a dadurch angedeutet, dass die von der Linse 7 fokussierte Laserstrahlung 1 im Bereich der Blende 8, somit im Bereich der Brennebene, eben nicht in der XZ-Ebene fokussiert ist, sondern kurz oberhalb und kurz unterhalb der XZ-Ebene. Aufgrund der Einführung der Blende 8 in den Strahlengang wird somit eine auf diese Weise modulierte Laserstrahlung 1 nicht nach rechts, d. h. nicht in positiver Z-Richtung aus der Blende 8 austreten.

Fig. 2b und 3b zeigen Teile der Laserstrahlung 1, bei denen das entsprechende Segment 5 des Modulationsmittels 3 nicht verkippt wurde, so dass diese von dem Modulationsmittel 3 reflektierten Teile der Laserstrahlung 1 keine Phasenverschiebung erfahren, so dass auch keine destruktive Interferenz nach Vereinigung durch die Strahlvereinigungsmittel 6 auftritt. In diesem Fall verdeutlicht Fig. 3b, dass das Ausbreitungsmaximum etwa in Z-Richtung liegt. Dieser Fall ist auch in Fig. 2b verdeutlicht, in dem die Brennnlinie der durch die Zylinderlinse 7 fokussierten Laserstrahlung 1 im wesentlichen im Bereich der Blende 8 in der XZ-Ebene liegt. Dadurch wird erreicht, dass dieser Teil der Laserstrahlung im wesentlichen ungehindert durch die Blende 8 hindurch tritt und nach Durchgang durch die zweite Zylinderlinse 9 parallel zur Z-Achse in positiver Z-Richtung propagiert.

Es besteht die Möglichkeit, anstelle der Strahlteilmittel 2 andere Strahlteilmittel zu verwenden. Dies könnten beispielsweise

Strahlteilmittel sein, die etwa den Strahlvereinigungsmitteln 6 entsprechen. Weiterhin können anstelle der Strahlvereinigungsmittel 6 auch andere Strahlvereinigungsmittel verwendet werden, beispielsweise Strahlvereinigungsmittel, die den Strahlteilmitteln 2 im wesentlichen entsprechen.

Es besteht auch die Möglichkeit, anstelle des als GLV-Modulator ausgebildeten Modulationsmittel 3 andere Modulationsmittel zu verwenden. Insbesondere besteht auch die Möglichkeit, Modulationsmittel zu verwenden, die eine zweidimensionale Modulation des auf die Modulationsmittel auftreffenden Lichtes bewirken können. Beispielsweise kann hierbei das von einer zweidimensionalen Lichtquelle ausgehende Licht, wie beispielsweise das Licht eines Stacks von Laserdiodenbarren entsprechend moduliert werden. Wesentlich ist lediglich, dass ein Teilstrahlbündel, nämlich insbesondere das in Fig. 1a nach unten abgelenkte Teilstrahlbündel mit dem beispielhaft herausgegriffenen Teilstrahl 1b, gezielt in einzelnen Teilabschnitten mit einer Phasenverschiebung versehen wird. Die einzelnen Teilabschnitte, in denen eine Phasenverschiebung durchgeführt wird, können durch Informationen vorgegeben werden, die der Laserstrahlung 1 aufmoduliert werden sollen. Bei den Informationen kann es sich beispielsweise um Druckinformationen oder aber auch um Informationen für ein Laserfernsehen oder Informationen für die Bearbeitung eines Werkstückes oder dergleichen handeln.

Es besteht weiterhin die Möglichkeit, anstelle des Spiegels 4 ebenfalls ein reflektierendes Modulationsmittel zu verwenden. Wichtig ist hierbei lediglich, dass zwischen einzelnen einander entsprechenden Teilbereichen der aufgetrennten Laserstrahlung 1 eine vorgebbare Phasendifferenz erzeugt werden kann, um einzelne

Teilbereiche durch die Blende 8 hindurch zu lassen bzw. von der Blende 8 blockieren zu lassen.

Die voranstehende Beschreibung der abgebildeten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Modulationsvorrichtung verdeutlicht anschaulich, dass das Prinzip der erfindungsgemäßen Modulationsvorrichtung dem eines Interferometers ähnelt.

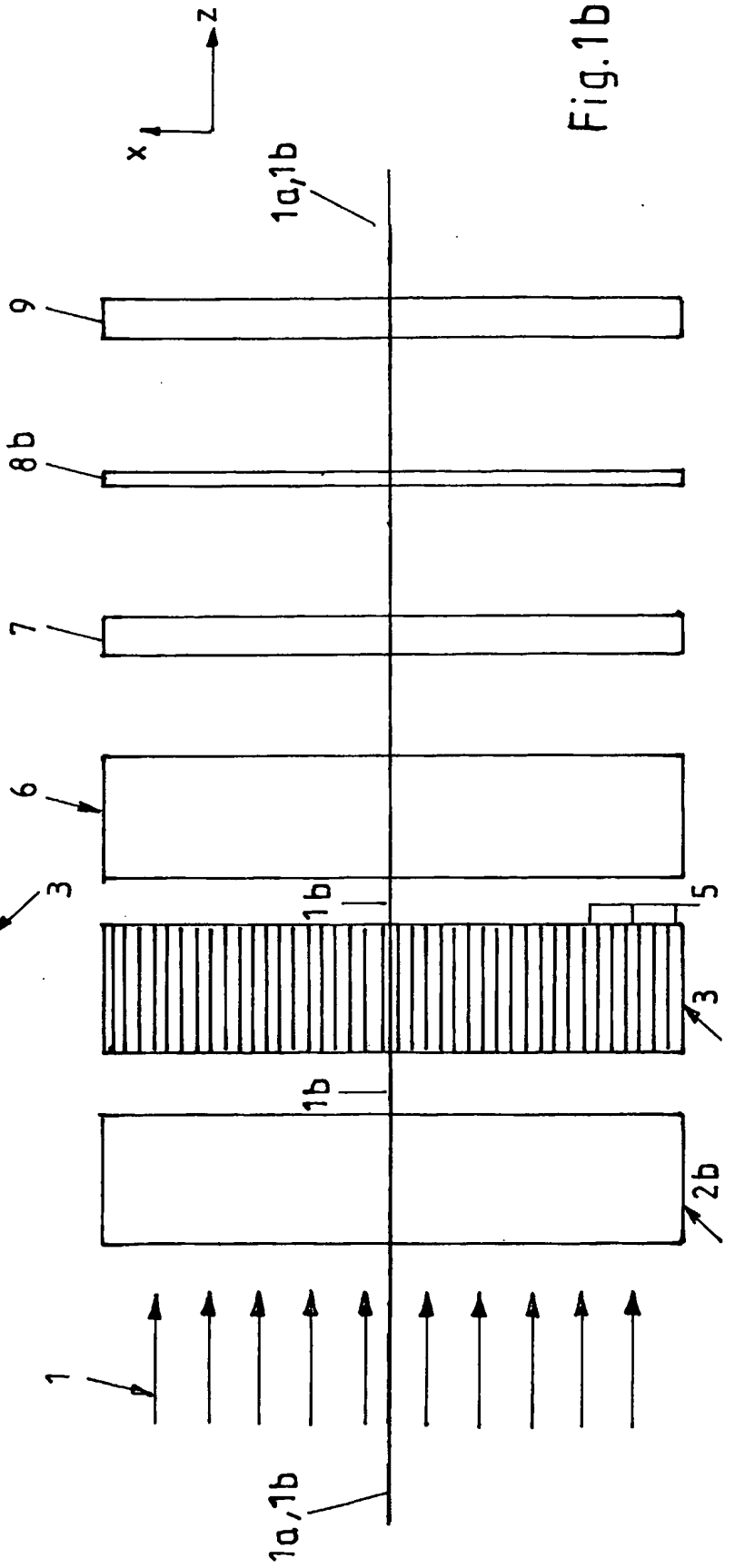
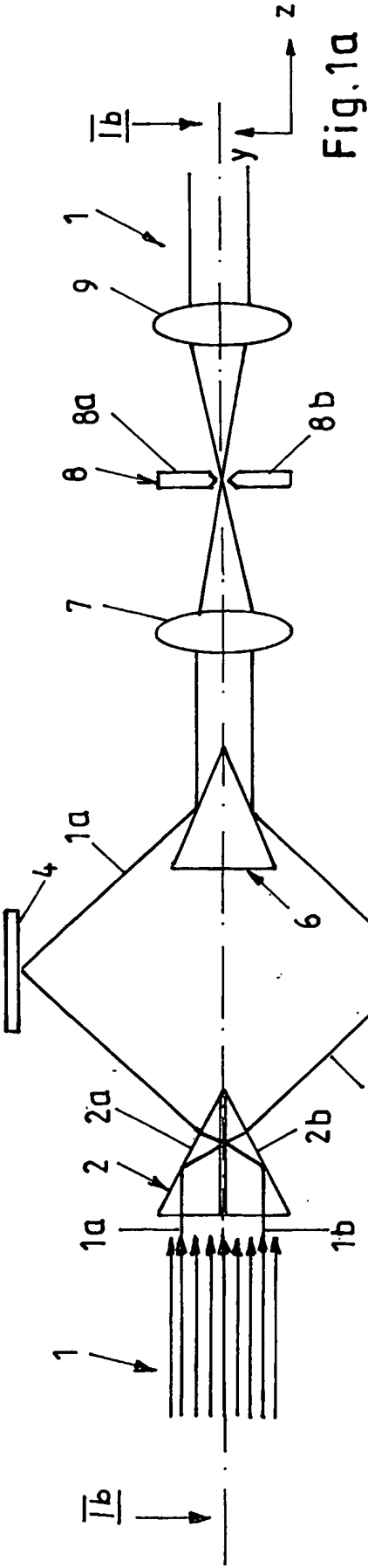
Es besteht erfindungsgemäß die Möglichkeit, die beispielsweise von einem Laserdiodenbarren ausgehende Laserstrahlung 1 vor oder nach oder im Bereich der Modulationsvorrichtung hinsichtlich ihrer Fast-Axis-Divergenz sowie hinsichtlich ihrer Slow-Axis-Divergenz mit entsprechenden aus dem Stand der Technik bekannten Mitteln zu kollimieren. Dies sind hinsichtlich der Fast-Axis-Divergenz Zylinderlinsen, deren Zylinderachsen in X-Richtung ausgerichtet sind. Hinsichtlich der Slow-Axis-Divergenz sind dies Arrays von Zylinderlinsen, deren Zylinderachsen in Y-Richtung ausgerichtet sind.

Patentansprüche:

1. Modulationsvorrichtung für Laserstrahlung, umfassend mindestens ein Modulationsmittel (3), das zumindest teilweise die durch die Modulationsvorrichtung hindurchtretende Laserstrahlung (1) verändern kann, dadurch gekennzeichnet, dass die Modulationsvorrichtung Strahlteilmittel (2) umfasst, die die Laserstrahlung (1) in mindestens zwei Teilstrahlbündel aufteilen können, dass die Vorrichtung weiterhin in Strahlausbreitungsrichtung hinter den Strahlteilmitteln (2) Strahlvereinigungsmittel (6) umfasst, die mindestens zwei der Teilstrahlbündel wieder zusammenführen können, und dass das mindestens eine Modulationsmittel (3) derart zwischen den Strahlteilmitteln (2) und den Strahlvereinigungsmitteln (6) angeordnet ist, dass zumindest eines der Teilstrahlbündel derart von dem mindestens einen Modulationsmittel (3) verändert werden kann, dass die von dem Strahlvereinigungsmittel (6) oder im Bereich des Strahlvereinigungsmittels (6) zusammengeführte Laserstrahlung (1) zumindest in einem vorgegebenen Raumgebiet aufgrund von Interferenz der mindestens zwei Teilstrahlbündel die gewünschte Modulation aufweist.
2. Modulationsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Laserstrahlung zumindest abschnittsweise in einer ersten, zur mittleren Ausbreitungsrichtung (Z) senkrechten Richtung (Y) eine größere Divergenz aufweist, als in einer zweiten, zur mittleren Ausbreitungsrichtung (Z) und zur ersten Richtung (Y) senkrechten Richtung (X), wobei die Auftrennung in Teilstrahlbündel in der ersten Richtung (Y) erfolgt.

3. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Strahlteilmittel (2) als Prisma, insbesondere als zumindest teilweise verspiegeltes Prisma ausgebildet sind.
4. Modulationsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Strahlteilmittel als teildurchlässiger Spiegel ausgebildet sind.
5. Modulationsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Strahlvereinigungsmittel (6) als Prisma, insbesondere als zumindest teilweise verspiegeltes Prisma ausgebildet sind.
6. Modulationsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Strahlvereinigungsmittel als teildurchlässiger Spiegel ausgebildet sind.
7. Modulationsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das mindestens eine Modulationsmittel (3) derart das mindestens eine Teilstrahlbündel verändern kann, dass dieses eine gezielte Phasenverschiebung mindestens eines seiner Teilstrahlen erfährt, insbesondere um die Hälfte einer Wellenlänge der Laserstrahlung.
8. Modulationsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Modulationsmittel (3) als in Reflektion zu betreibender Modulator ausgebildet sind, insbesondere als GLV-Modulator.

9. Modulationsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Modulationsmittel (3) als Transmission zu betreibender Modulator ausgebildet sind.
10. Modulationsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Modulationsmittel (3) als zweidimensionaler Modulator ausgeführt sind, mit dem eine auf ihn auftreffende Laserstrahlung hinsichtlich zweier im wesentlichen zueinander senkrechter Richtungen moduliert werden kann.
11. Modulationsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass durch die Strahlteilmittel (2) die Modulationsmittel (3) und die Strahlvereinigungsmittel (6) ein Interferometer gebildet wird.
12. Modulationsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass in Strahlausbreitungsrichtung (Z) hinter den Strahlvereinigungsmitteln (6) eine Blende (8) angeordnet ist, die Teile der Laserstrahlung (1) entsprechend der zu erzielenden Modulation ausblenden kann.
13. Modulationsvorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass in Strahlausbreitungsrichtung (Z) vor und/oder hinter der Blende (8) Linsenmittel, insbesondere Zylinderlinsen (7, 9), angeordnet sind, die die Laserstrahlung (1) auf die Blende (8) fokussieren und/oder im Anschluss an die Blende (8) die fokussierte Laserstrahlung wieder kollimieren können.



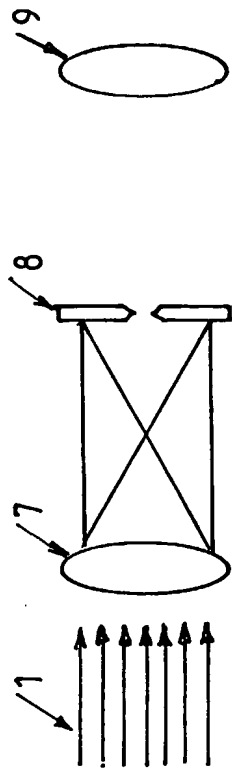


Fig 2a

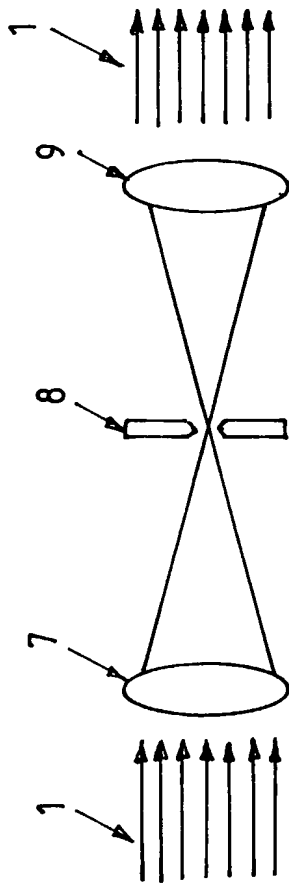


Fig 2b

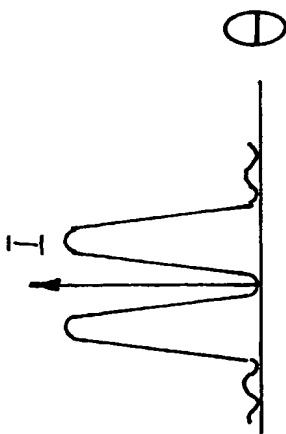


Fig 3a

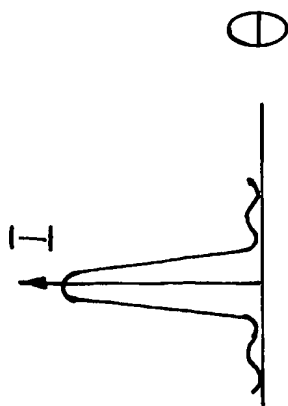


Fig 3b

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 01/01606

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 IPC 7 G02B26/02 G02F1/21

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 IPC 7 G02B G02F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4 854 677 A (O'MEARA THOMAS R) 8 August 1989 (1989-08-08) abstract; figure 2 column 1, line 14 - line 25 ---	1-20
X	US 3 586 416 A (BITETTO DOMINICK J DE) 22 June 1971 (1971-06-22) abstract; figure 1 ---	1-20
X	DE 100 09 209 A (DEUTSCHE TELEKOM AG) 6 September 2001 (2001-09-06) abstract; figure 1 -----	1-20

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

& document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

23 April 2003

Date of mailing of the international search report

02/05/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Daffner, M

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 01/1606

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4854677	A	08-08-1989	NONE	
US 3586416	A	22-06-1971	NONE	
DE 10009209	A	06-09-2001	DE 10009209 A1 WO 0163353 A1 EP 1277083 A1	06-09-2001 30-08-2001 22-01-2003

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 IPK 7 G02B26/02 G02F1/21

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 IPK 7 G02B G02F

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 4 854 677 A (O'MEARA THOMAS R) 8. August 1989 (1989-08-08) Zusammenfassung; Abbildung 2 Spalte 1, Zeile 14 - Zeile 25 ---	1-20
X	US 3 586 416 A (BITETTO DOMINICK J DE) 22. Juni 1971 (1971-06-22) Zusammenfassung; Abbildung 1 ---	1-20
X	DE 100 09 209 A (DEUTSCHE TELEKOM AG) 6. September 2001 (2001-09-06) Zusammenfassung; Abbildung 1 -----	1-20



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

G Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

23. April 2003

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

02/05/2003

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Daffner, M

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 01/01606

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 4854677	A	08-08-1989	KEINE		
US 3586416	A	22-06-1971	KEINE		
DE 10009209	A	06-09-2001	DE	10009209 A1	06-09-2001
			WO	0163353 A1	30-08-2001
			EP	1277083 A1	22-01-2003